Tipo de artículo: Artículo original

# Lógica Neutrosófica para Mapeo de Opinión Climática: Ventajas sobre Análisis de Consenso Tradicional y Hallazgos Clave de Guayaquil

## Neutrosophic Logic for Climate Opinion Mapping: Advantages over Traditional Consensus Analysis and Key Findings from Guayaquil

Maikel Yelandi Leyva-Vázquez [1*], https://orcid.org/0000-0001-7911-5879
Florentin Smarandache [2], https://orcid.org/0000-0002-5560-5926

[1] Universidad Bolivariana del Ecuador, Durán, Ecuador.
[2] University of New Mexico, Gallup, NM, Estados Unidos.

*Autor para la correspondencia. (maikel.leyvav@ug.edu.ec)

**RESUMEN**

Las plataformas tradicionales de mapeo de opinión, como pol.is, emplean análisis de componentes principales (PCA) y agrupamiento para visualizar paisajes de opinión pública. Sin embargo, estos enfoques se basan en marcos lógicos binarios o difusos que pueden no capturar adecuadamente la ambigüedad inherente y la naturaleza multidimensional de las creencias humanas. Este artículo presenta una aplicación novedosa de la lógica neutrosófica al análisis de percepciones sobre el cambio climático, demostrando ventajas significativas sobre los métodos tradicionales de análisis de consenso. Utilizando una encuesta de 84 residentes en Guayaquil, Ecuador, empleamos una escala Likert neutrosófica que captura tres dimensiones independientes—verdad (T), indeterminación (I) y falsedad (F)—para cada elemento de la encuesta. Nuestro

**Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)**

análisis revela dos grupos de respondientes distintos: un grupo "Altamente Comprometido pero Conflictivo" (34.5% de los respondientes) caracterizado por puntuaciones elevadas en las tres dimensiones, y un grupo "Moderadamente Aceptante" (65.5%) con perfiles dominados por la verdad. Los hallazgos clave demuestran que el análisis neutrosófico descubre complejidad oculta en datos de opinión que los enfoques binarios o difusos obscurecerían, permitiendo estrategias de comunicación más dirigidas y efectivas.

**Palabras clave**: lógica neutrosófica; mapeo de opinión; análisis de consenso; percepción del cambio climático; agrupamiento PCA; metodología de encuestas.

## ABSTRACT

Traditional opinion mapping platforms, such as pol.is, employ Principal Component Analysis (PCA) and clustering to visualize public opinion landscapes. However, these approaches rely on binary or fuzzy logical frameworks that may fail to adequately capture the inherent ambiguity and multidimensional nature of human beliefs. This article presents a novel application of neutrosophic logic to the analysis of perceptions regarding climate change, demonstrating significant advantages over traditional consensus analysis methods. Using a survey of 84 residents in Guayaquil, Ecuador, we applied a neutrosophic Likert scale that captures three independent dimensions—truth (T), indeterminacy (I), and falsity (F)—for each survey item. Our analysis reveals two distinct respondent groups: a "Highly Engaged but Conflictive" group (34.5% of respondents) characterized by high scores across all three dimensions, and a "Moderately Accepting" group (65.5%) dominated by truth-oriented profiles. The key findings demonstrate that neutrosophic analysis uncovers hidden complexity within opinion data that binary or fuzzy approaches would obscure, enabling more targeted and effective communication strategies.

**Keywords**: neutrosophic logic, opinion mapping, consensus analysis, climate change perception, PCA clustering, survey methodology.

**Recibido: 22/08/2025**
**Aceptado: 15/11/2025**
**En línea: 01/01/2026**

# Introducción

**Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)**

El estudio de la opinión pública se ha vuelto cada vez más importante en la era del cambio climático, donde el apoyo público es esencial para implementar políticas ambientales efectivas (Clar, Prutsch, & Steurer, 2013). Los instrumentos de encuesta tradicionales, como las escalas Likert estándar, fuerzan a los respondientes a categorías discretas (por ejemplo, "totalmente de acuerdo" a "totalmente en desacuerdo"), a menudo sin capturar la realidad matizada de los sistemas de creencias humanas (Chyung et al., 2017). Esta limitación es particularmente aguda al estudiar cuestiones complejas y multifacéticas como el cambio climático, donde los individuos pueden simultáneamente sostener puntos de vista conflictivos o inciertos (Corner et al., 2012).

La plataforma de democracia computacional pol.is (Figura 1) ha ganado prominencia como herramienta para visualizar paisajes de opinión a través de PCA y agrupamiento (Small et al., 2021) .Sin embargo, pol.is y plataformas similares típicamente operan dentro de marcos de lógica binaria o difusa, tratando el acuerdo y desacuerdo como las dimensiones primarias de variación. Este enfoque puede perder aspectos importantes de la opinión pública, particularmente el grado de incertidumbre o indeterminación que experimentan los respondientes (Seyfi-Shishavan, Kutlu Gündoğdu, Donyatalab, Farrokhizadeh, & Kahraman, 2021).

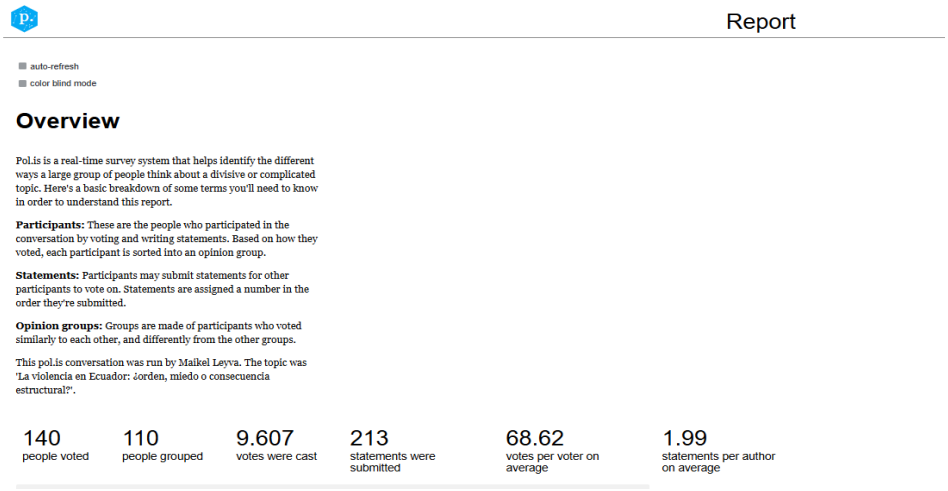


**Fig. 1-** Interfaz de reporte de la plataforma Pol.is.

La lógica neutrosófica, introducida por Smarandache (1998), extiende la lógica clásica y difusa al incorporar explícitamente un tercer componente: indeterminación (I). Un conjunto neutrosófico se caracteriza por tres funciones de membresía independientes: verdad (T), indeterminación (I) y falsedad (F), cada una oscilando entre 0 y 1 (o 0 a 10/100 en un contexto Likert). Esta estructura tripartita es particularmente adecuada para

**Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)**

modelar fenómenos del mundo real donde la información es incompleta, contradictoria o ambigua (Abdel-Basset et al., 2018).

Este artículo aplica la lógica neutrosófica para analizar percepciones sobre el cambio climático en Guayaquil, Ecuador, una ciudad vulnerable a impactos climáticos como el aumento del nivel del mar y eventos climáticos extremos (Cornejo, Lamiño, & Trejos, 2024). Comparamos los conocimientos obtenidos a través del análisis neutrosófico con los que se obtendrían mediante enfoques binarios o difusos tradicionales, demostrando las ventajas analíticas del marco neutrosófico.

El presente estudio ofrece cuatro contribuciones fundamentales al campo del análisis de opinión pública y la investigación climática. En primer lugar, introduce una innovación metodológica al desarrollar y aplicar una escala Likert neutrosófica, capaz de capturar simultáneamente los grados de verdad, indeterminación y falsedad en las percepciones de los participantes. Esta herramienta supera las limitaciones de los modelos tradicionales basados en lógicas binarias o difusas, proporcionando una representación más rica y matizada de las actitudes humanas frente al cambio climático. Además, se realiza un análisis comparativo entre el enfoque neutrosófico y los métodos convencionales de análisis de consenso como los empleados por plataformas tipo pol.is, evidenciando las ventajas del primero en la detección de ambigüedades y contradicciones inherentes en las respuestas.

Desde una perspectiva empírica, la investigación identifica dos grupos de respondientes claramente diferenciados: uno altamente comprometido pero internamente conflictivo, y otro moderadamente aceptante, con perfiles caracterizados por distintos equilibrios entre las tres dimensiones neutrosóficas. Estos hallazgos no solo revelan capas de complejidad que los métodos tradicionales tienden a ocultar, sino que además poseen implicaciones prácticas significativas. En particular, ofrecen información valiosa para formuladores de políticas y comunicadores ambientales, al permitir diseñar estrategias más segmentadas y efectivas para involucrar a distintos públicos en el debate climático, optimizando así la comunicación y la toma de decisiones sostenibles.

## Limitaciones de la Lógica Binaria y Difusa en Mapeo de Opinión

**Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)**

Los instrumentos de encuesta tradicionales y las plataformas de mapeo de opinión operan dentro de marcos de lógica binaria o difusa. En lógica binaria, una afirmación es verdadera o falsa; en lógica difusa, puede ser parcialmente verdadera o falsa, pero los grados de verdad y falsedad son complementarios (es decir, suman 1) (Zadeh, 1965). Esta estructura asume que el acuerdo y desacuerdo son las dimensiones primarias de variación en opinión.

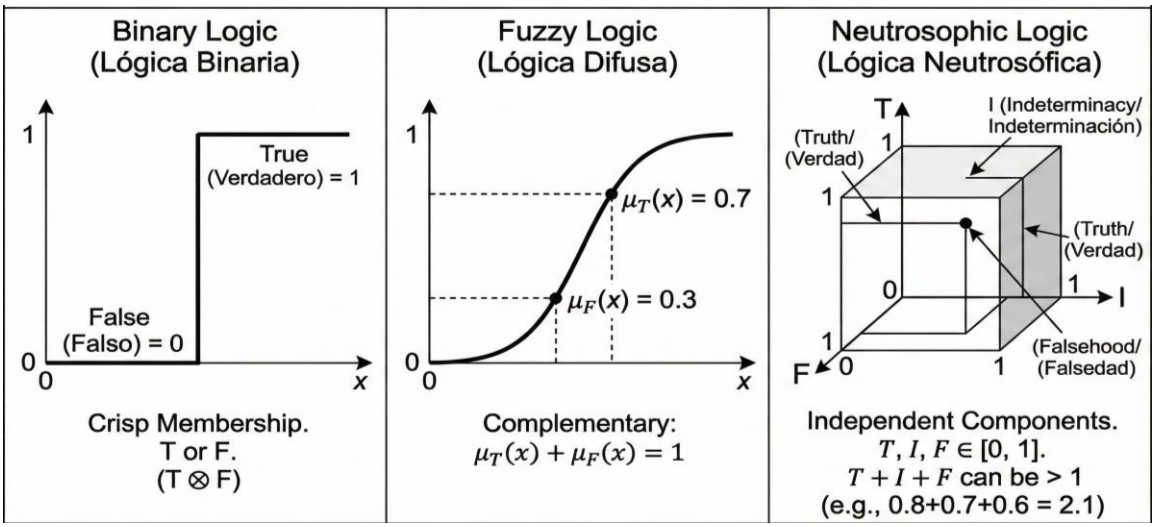


**Fig. 2-** Evolución de los modelos de pertenencia: del enfoque binario al marco neutrosófico.

Sin embargo, las creencias humanas a menudo se caracterizan por indeterminación genuina—un estado donde el respondiente es verdaderamente incierto o ambivalente, en lugar de estar parcialmente de acuerdo o en desacuerdo (Leyva-Vázquez y Smarandache, 2018). Por ejemplo, un respondiente podría genuinamente creer que el cambio climático es real (T alta) mientras simultáneamente se siente incierto sobre la mejor respuesta política (I alta) y escéptico de ciertas soluciones propuestas (F alta). En un marco binario o difuso, esta posición compleja sería difícil de representar con precisión.

2.2 Lógica Neutrosófica y Sus Ventajas

La lógica neutrosófica aborda esta limitación al tratar la verdad, indeterminación y falsedad como dimensiones independientes (Smarandache, 1998). En un conjunto neutrosófico, un elemento puede tener:

- T alta y F alta simultáneamente: El respondiente acepta algunos aspectos de una afirmación mientras rechaza otros.

**Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)**

• T alta e I alta simultáneamente: El respondiente cree que algo es verdadero pero se siente incierto sobre detalles importantes.

• I alta con T y F moderadas: El respondiente está genuinamente indeciso o ambivalente.

Esta independencia es crucial. En lógica difusa, si T = 0.7, entonces F debe ser ≤ 0.3. En lógica neutrosófica, T = 0.7 y F = 0.8 son ambos posibles, pudiendo capturar la complejidad de las creencias del mundo real mediante escalas de Likert neutrosóficas (Ye, 2014).

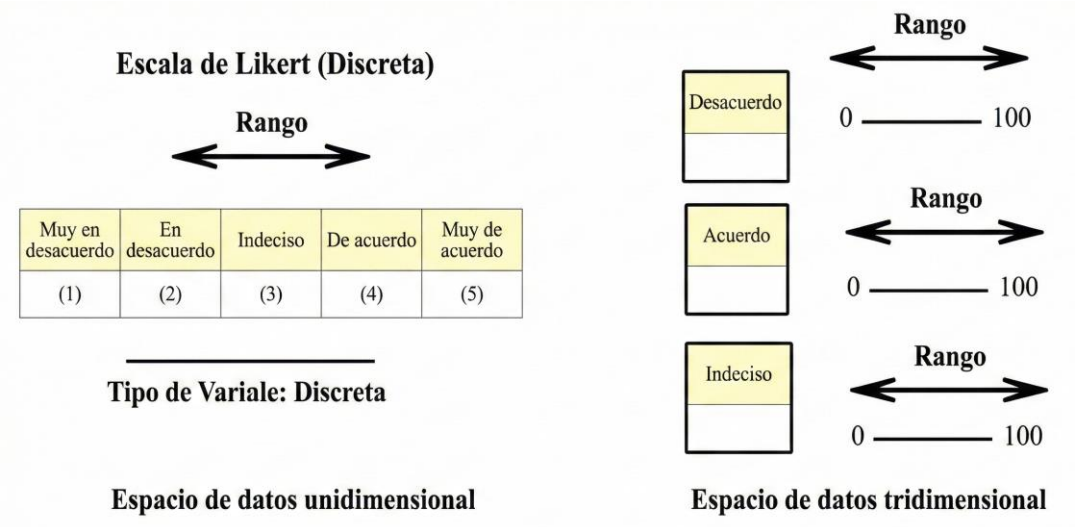


**Fig. 3-** Análisis comparativo de la Escala de Likert tradicional y la Escala de Likert neutrosófica.

La plataforma pol.is utiliza PCA y agrupamiento para mapear paisajes de opinión, proporcionando conocimientos valiosos sobre consenso y polarización. Sin embargo, opera bajo la suposición de que la opinión puede ser representada adecuadamente en un espacio de menor dimensión derivado de respuestas binarias o difusas. El análisis neutrosófico ofrece varias ventajas:

1. Datos Más Ricos: Las escalas neutrosóficas capturan tres dimensiones independientes, proporcionando más información sobre el sistema de creencias de cada respondiente.
2. Indeterminación Explícita: En lugar de tratar la incertidumbre como un fenómeno residual o secundario, la lógica neutrosófica la convierte en una dimensión primaria de análisis.
3. Detección de Patrones de Creencias Complejos: El análisis neutrosófico puede identificar respondientes que están profundamente comprometidos con un tema, pero internamente conflictivos—un patrón que podría ser invisible en marcos binarios o difusos.

**Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)**

4. Mejor Representación de la Ambigüedad: En dominios como el cambio climático, donde la incertidumbre científica es inherente, la lógica neutrosófica proporciona una representación más auténtica del paisaje epistémico.

5. Targeting Mejorado: Al identificar no solo acuerdo/desacuerdo sino también la naturaleza y grado de incertidumbre, los comunicadores pueden adaptar mensajes más efectivamente a diferentes segmentos de audiencia

# Métodos o Metodología Computacional

## Diseño de Encuesta y Escala Neutrosófica

Administramos una encuesta a 84 residentes de Guayaquil, Ecuador, utilizando Google Forms. La encuesta consistió en 10 afirmaciones relacionadas con el cambio climático. Para cada afirmación, los respondientes calificaron su posición en tres escalas independientes con un rango de 0 a 10:

T (Verdad/Aceptación): ¿Qué tan verdadera o aceptable es esta afirmación?

I (Indeterminación/Duda): ¿Qué tan incierto o ambiguo te hace sentir esta afirmación?

F (Falsedad/Rechazo): ¿Qué tan falsa o inaceptable es esta afirmación?

Se instruyó explícitamente a los respondientes que estas escalas eran independientes entre sí y que, por lo tanto, puntuaciones altas en múltiples escalas simultáneamente eran posibles y válidas.

Formalmente, esta metodología difiere sustancialmente de la escala de Likert tradicional unidimensional, definiendo en su lugar un espacio de valoración tridimensional discreto para cada ítem, fundamentado en la Lógica Neutrosófica. Sea R el conjunto de encuestados y A el conjunto de afirmaciones. La respuesta de un encuestado $\boldsymbol{r_j} \in \boldsymbol{R}$ ante una afirmación $a_k \in A$ no es un valor escalar, sino que se modela como un vector de valoración neutrosófica $\boldsymbol{V_{jk}}$, definido como una terna ordenada:

$$\boldsymbol{V_{jk}} = \left(\boldsymbol{T_{jk}}, \boldsymbol{I_{jk}}, \boldsymbol{F_{jk}}\right) \quad \textbf{(1)}$$

Donde cada componente representa el grado de pertenencia a los subconjuntos de Verdad (T), Indeterminación (I) y Falsedad (F). El dominio de cada componente es el conjunto discreto de enteros D delimitado por la escala utilizada:

**Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)**

$$\forall\, T_{jk}, I_{jk}, F_{jk} \in D, donde\ D = \{x \in \mathbb{Z} \mid 0 \leq x \leq 10\} \quad (2)$$

La característica matemática distintiva de este modelo radica en la independencia estocástica de las componentes T, I y F. A diferencia de la probabilidad clásica o la lógica difusa intuicionista, no se impone ninguna restricción de normalización sobre la suma de las componentes (i.e., no se requiere que T + I + F = 10). En consecuencia, el espacio de respuesta para cada ítem es un hipercubo discreto que permite configuraciones válidas donde la suma de las valoraciones excede el rango de una escala individual:

$$0 \leq T_{jk} + I_{jk} + F_{jk} \leq 30 \quad (3)$$

Esta estructura matemática permite modelar estados cognitivos complejos inalcanzables para las escalas tradicionales, como la paraconsistencia (valores altos simultáneos en T y F) o la incertidumbre pura (valor alto en I independientemente de T y F).

## Análisis de Datos

Análisis de Consenso

Para cuantificar el nivel de acuerdo entre respondientes en cada pregunta, se calculó una puntuación de consenso basada en la variabilidad de las respuestas neutrosóficas. La métrica se define como:

$$Consenso_j = \frac{1}{(1 + C\bar{V}_j)} \quad (4)$$

donde $C\bar{V}_j$ es el coeficiente de variación promedio para la pregunta j:

$$C\bar{V}_j = \left(\frac{1}{3}\right) \times \left[\left(\frac{\sigma_{Tj}}{\mu_{Tj}}\right) + \left(\frac{\sigma_{Ij}}{\mu_{Ij}}\right) + \left(\frac{\sigma_{Fj}}{\mu_{Fj}}\right)\right] \quad (5)$$

**Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)**

En esta expresión: $\boldsymbol{\mu_{Tj}, \mu_{Ij}, \mu_{Fj}}$ son las medias de las dimensiones Verdad, Indeterminación y Falsedad para la pregunta j.

$\boldsymbol{\sigma_{Tj}, \sigma_{Ij}, \sigma_{Fj}}$ son las desviaciones estándar correspondientes.

El coeficiente de variación CV = σ/μ normaliza la variabilidad por la media.

Las puntuaciones de consenso oscilan entre 0 y 1, donde valores más altos indican mayor acuerdo entre respondientes (menor variabilidad relativa) y valores más bajos indican mayor desacuerdo (mayor variabilidad relativa

## Análisis de Componentes Principales

Para visualizar la estructura multidimensional de los datos neutrosóficos, aplicamos Análisis de Componentes Principales (PCA). El procedimiento se ejecuta como sigue:

Paso 1: Estandarización Primero, estandarizamos los datos de respuesta para cada dimensión. El proceso de estandarización se aplica de forma independiente a cada una de las 30 variables observadas. Esto implica que cada par (Pregunta, Dimensión) se normaliza utilizando su propia media y desviación estándar:

$$Z_{ijk} = \frac{\left(X_{ijk} - \mu_k\right)}{\sigma_k} \quad (6)$$

donde:

$X_{ijk}$ es la respuesta del respondiente i a la pregunta j en la dimensión k (T, I, o F).

$\mu_k$ es la media de la dimensión k en toda la muestra.

$\sigma_k$ es la desviación estándar de la dimensión k.

$Z_{ijk}$ es el valor estandarizado (puntuación z).

Paso 2: Matriz de Covarianza Calculamos la matriz de covarianza C de los datos estandarizados:

$$C = \left(\frac{1}{n}\right) \times Z^T \times Z \quad (7)$$

donde Z es la matriz de datos estandarizados de dimensión n × 30 (84 respondientes × 30 variables: 10 preguntas × 3 dimensiones) y n es el número de respondientes.

**Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)**

Paso 3: Descomposición de Valores Propios Calculamos los valores propios $\lambda_1, \lambda_2, ..., \lambda_{30}$ y los vectores propios correspondientes $v_1, v_2, ..., v_{30}$ de la matriz de covarianza C:

$$C \times v_k = \lambda_k \times v_k \quad (8)$$

Los valores propios se ordenan en orden decreciente: $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq ... \geq \lambda_{30}$.

Paso 4: Proyección en Componentes Principales Los componentes principales (PC) se calculan como proyecciones lineales de los datos estandarizados:

$$PC_k = Z \times v_k \quad (9)$$

Para visualización, utilizamos los dos primeros componentes principales ($PC_1$ y $PC_2$), que capturan la máxima varianza en los datos. La varianza explicada por cada componente es:

$$Varianza\ Explicada_k = \left(\frac{\lambda_k}{\Sigma\ \lambda_i}\right) \times\ 100\%. \quad (10)$$

## Agrupamiento K-Means

Para identificar grupos de respondientes con perfiles neutrosóficos similares, aplicamos el algoritmo K-Means. Este algoritmo particiona los datos en k grupos minimizando la suma de cuadrados dentro de grupos (WCSS):

$$WCSS\ =\ \Sigma_{i=1}^{k} \Sigma_{x\ \in\ C_i} ||x\ -\ \mu_i||^2 \quad (11)$$

donde:

$C_i$ es el conjunto de puntos asignados al grupo i.

$\mu_i$es el centroide (media) del grupo i.

$|| \cdot ||$ denota la distancia euclidiana.

Selección del Número Óptimo de Grupos El número óptimo de grupos se determina mediante la puntuación de silueta (Silhouette Score), definida para cada punto x como:

$$s(x) = \frac{[b(x) - a(x)]}{\max[a(x), b(x)]} \quad (12)$$

donde:

a(x) es la distancia promedio de x a otros puntos en su mismo grupo (cohesión).

b(x) es la distancia promedio mínima de x a puntos en otros grupos (separación).

**Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)**

La puntuación de silueta promedio para un número de grupos k es:

$$Silhouette(k) = \left(\frac{1}{n}\right) \times \Sigma_{i=1}^{n} s(x_i) \quad (13)$$

Se selecciona el valor de k que maximiza esta métrica. La puntuación de silueta oscila entre -1 y 1, donde valores más cercanos a 1 indican mejor separación de grupos.

## Caracterización de Grupos

Para cada grupo identificado, se calculan estadísticas descriptivas que caracterizan el perfil neutrosófico del grupo:

Medias por Dimensión

$$\mu_{T,g} = \left(\frac{1}{n_g}\right) \times \sum_{i \in G_g} T_i \, , \mu_{I,g} = \left(\frac{1}{n_g}\right) \times \sum_{i \in G_g} I_i \, , \mu_{F,g} = \left(\frac{1}{n_g}\right) \times \sum_{i \in G_g} F_i$$

donde $G_g$ es el conjunto de respondientes en el grupo g y $n_g$ es el tamaño del grupo.

Balance Neutrosófico El balance neutrosófico cuantifica el peso relativo de cada dimensión dentro del grupo:

$$Balance_{T(g)} = \left[\frac{\mu_{T,g}}{(\mu_{T,g} + \mu_{I,g} + \mu_{F,g})}\right] \times 100\% \quad (14)$$

$$Balance_{I(g)} = \left[\frac{\mu_{I,g}}{(\mu_{T,g} + \mu_{I,g} + \mu_{F,g})}\right] \times 100\% \quad (15)$$

$$Balance_{F(g)} = \left[\frac{\mu_{F,g}}{(\mu_{T,g} + \mu_{I,g} + \mu_{F,g})}\right] \times 100\% \quad (16)$$

Estas tres proporciones suman 100% y proporcionan una medida de la composición relativa del perfil neutrosófico del grupo.

Dimensión Dominante Para cada pregunta j y grupo g, la dimensión dominante es aquella con la media más alta:

$$Dominante(j, g) = argmax_k \{\mu_{T,g,j}, \mu_{I,g,j}, \mu_{F,g,j}\} \quad (17)$$

donde $k \in \{T, I, F\}$.

Esta caracterización permite identificar patrones de respuesta distintivos que diferencian a los grupos y facilita la interpretación de sus perfiles neutrosóficos únicos.

**Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)**

# Resultados y discusión

## Análisis de Consenso y Dimensiones Dominantes

Las diez preguntas fueron predominantemente impulsadas por la dimensión Verdad (T), indicando que los respondientes se involucraban principalmente con las afirmaciones en términos de su validez o aceptación. Sin embargo, el consenso varió significativamente entre preguntas.

Preguntas de Alto Consenso:

• P4: Las acciones individuales importan para el clima (Consenso: 0.704)

• P1: El cambio climático es real y causado por el ser humano (Consenso: 0.682)

• P10: Las políticas actuales son suficientes (Consenso: 0.682)

Preguntas de Bajo Consenso:

• P8: La energía renovable es viable en Ecuador (Consenso: 0.662)

• P5: El gobierno debe priorizar la acción climática (Consenso: 0.663)

• P6: El crecimiento económico y el ambiente pueden coexistir (Consenso: 0.664)

Tabla 1 - Resultados del Análisis de Consenso Neutrosófico.

| Pregunta | $T_{Media}$ | $I_{Media}$ | $F_{Media}$ | Consenso | Dominante |
|---|---|---|---|---|---|
| **P1** | 6.46 | 6.12 | 6.05 | 0.682 | Verdad |
| **P2** | 6.70 | 6.18 | 5.37 | 0.677 | Verdad |
| **P3** | 7.40 | 5.70 | 4.88 | 0.669 | Verdad |
| **P4** | 6.76 | 5.92 | 5.27 | 0.704 | Verdad |
| **P5** | 7.20 | 5.75 | 5.06 | 0.663 | Verdad |
| **P6** | 7.26 | 5.57 | 5.13 | 0.664 | Verdad |
| **P7** | 6.63 | 5.87 | 5.52 | 0.672 | Verdad |
| **P8** | 7.30 | 5.40 | 5.04 | 0.662 | Verdad |
| **P9** | 6.99 | 5.68 | 5.48 | 0.677 | Verdad |
| **P10** | 7.37 | 5.88 | 5.27 | 0.682 | Verdad |

## Resultados de PCA y Agrupamiento

PCA redujo exitosamente los datos de 30 dimensiones, con los dos primeros componentes principales explicando 59.03% de la varianza total (PC1: 43.94%, PC2: 15.09%). El agrupamiento K-Means identificó dos grupos óptimos:

**Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)**

• Grupo 0: 29 respondientes (34.5%)

• Grupo 1: 55 respondientes (65.5%)

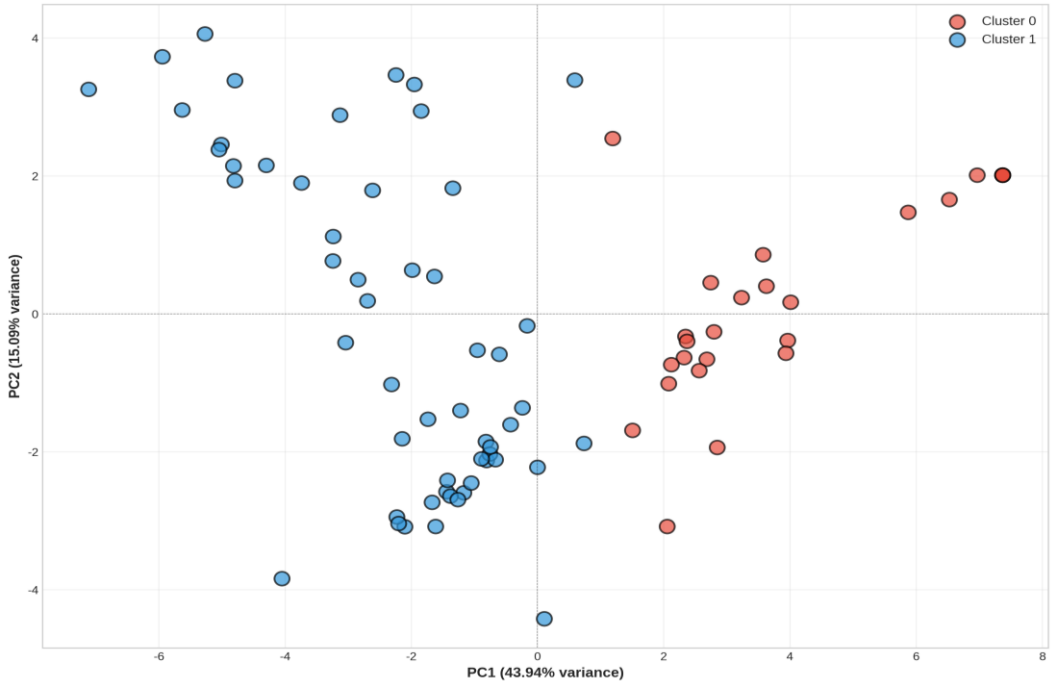


**Fig. 4-** Gráfico de Dispersión PCA con Grupos de Respondientes.

## Caracterización de Grupos

Grupo 0: El Grupo "Altamente Comprometido pero Conflictivo"

Este grupo se define por puntuaciones uniformemente altas en las tres dimensiones neutrosóficas:

• Perfil General: T = 8.18, I = 8.38, F = 8.07

• Balance Neutrosófico: T = 33.2%, I = 34.0%, F = 32.8%

• Tamaño: 29 respondientes (34.5%)

Características Clave:

• Balance casi perfecto en las tres dimensiones, indicando aceptación, incertidumbre y escepticismo simultáneos.

• Alto compromiso con el tema, pero caracterizado por conflicto interno y complejidad.

**Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)**

• Ubicado en la región positiva (derecha) de PC1, impulsado por alta intensidad general de respuestas.

• Los patrones específicos de preguntas muestran que Indeterminación (I) es la dimensión dominante para 6 de 10 preguntas, sugiriendo incertidumbre generalizada.

Interpretación: Estos individuos no son apáticos o ambivalentes en el sentido tradicional. Más bien, están profundamente comprometidos con el cambio climático como tema, pero sostienen puntos de vista complejos y multifacéticos. Pueden aceptar la realidad del cambio climático mientras cuestionan políticas específicas o narrativas. Este grupo representa un objetivo importante para comunicación matizada y basada en evidencia que reconozca la incertidumbre y complejidad.

Grupo 1: El Grupo "Moderadamente Aceptante"

Este grupo más grande se caracteriza por una fuerte dominancia de la dimensión Verdad:

• Perfil General: T = 6.39, I = 4.45, F = 3.85

• Balance Neutrosófico: T = 43.5%, I = 30.3%, F = 26.2%

• Tamaño: 55 respondientes (65.5%)

Características Clave:

• Dominancia clara de Verdad con puntuaciones sustancialmente menores en Indeterminación y Falsedad.

• Compromiso general más moderado en comparación con el Grupo 0.

• Ubicado en la región negativa (izquierda) de PC1, reflejando menor intensidad general.

• Verdad (T) es la dimensión dominante para las 10 preguntas, indicando aceptación consistente.

Interpretación: Este grupo representa la posición "convencional" sobre el cambio climático—aceptando la realidad básica e importancia del tema pero sin el compromiso más profundo o conflicto interno visto en el Grupo 0. Sus puntuaciones generales más bajas sugieren menor involucramiento intenso con el tema.

**Tabla 2** - Perfiles Comparativos de Grupos.

| Métrica | Grupo 0 | Grupo 1 | Diferencia |
|---|---|---|---|
| **Tamaño (n)** | 29 | 55 | — |
| **Porcentaje** | 34.5% | 65.5% | — |
| $T_{Media}$ | 8.18 | 6.39 | +1.79 |
| $I_{Media}$ | 8.38 | 4.45 | +3.93 |
| $F_{Media}$ | 8.07 | 3.85 | +4.21 |
| $Dominancia_T$ | 33.2% | 43.5% | — |
| $Dominancia_I$ | 34.0% | 30.3% | — |

**Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)**

| | | | |
|---|---|---|---|
| $Dominancia_F$ | 32.8% | 26.2% | — |

## Discusión

Descubrimiento del Grupo "Altamente Comprometido pero Conflictivo"

Hallazgo: El análisis neutrosófico reveló un grupo sustancial (34.5% de respondientes) caracterizado por puntuaciones uniformemente altas en T, I y F. Este patrón sería difícil o imposible de detectar utilizando marcos tradicionales de lógica binaria o difusa.

Ventaja sobre pol.is: La plataforma pol.is, operando con lógica binaria o difusa, probablemente clasificaría a estos respondientes como "ambivalentes" o "indecisos." Sin embargo, el marco neutrosófico revela que sus puntuaciones altas en I no son signo de apatía sino de incertidumbre genuina y comprometida. Están lidiando con las complejidades del cambio climático, simultáneamente aceptando su realidad, cuestionando aspectos de ella, e incertidumbre sobre soluciones. Este es un fenómeno fundamentalmente diferente de la simple ambivalencia.

Implicación Práctica: Este grupo representa un objetivo crítico para comunicación. No son escépticos a ser convencidos de hechos básicos; ya aceptan la realidad del cambio climático. Más bien, son individuos buscando información más matizada y transparente que reconozca incertidumbre y complejidad. La mensajería tradicional que trata el cambio climático como un tema resuelto y simple puede alienar a este grupo, mientras que la mensajería que se involucra con sus incertidumbres legítimas puede ser más efectiva.

## Representación Explícita de Indeterminación

Hallazgo: La dimensión Indeterminación (I) revela que los respondientes experimentan incertidumbre significativa en todas las preguntas, con puntuaciones medias de I oscilando de 5.40 a 6.18 (en escala 0–10).

Ventaja sobre pol.is: El mapeo de opinión tradicional trata la incertidumbre como un fenómeno residual o secundario. El análisis neutrosófico convierte la indeterminación en una dimensión primaria, revelando que la incertidumbre no es un factor menor sino una característica central de cómo las personas se involucran con el cambio climático.

Implicación Práctica: Este hallazgo sugiere que las estrategias de comunicación deben abordar explícitamente fuentes de incertidumbre. En lugar de presentar la ciencia climática como resuelta y unambigua, la

**Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)**

comunicación más efectiva podría reconocer áreas genuinas de incertidumbre científica (por ejemplo, impactos precisos en regiones específicas, respuestas políticas óptimas) mientras mantiene claridad sobre hechos bien establecidos (por ejemplo, la realidad del cambio climático causado por humanos).

## Identificación de Consenso y Disensión

Hallazgo: El análisis de consenso identificó preguntas de alto consenso (P1, P4, P10) donde los respondientes en gran medida acuerdan, y preguntas de bajo consenso (P5, P6, P8) donde la opinión es más dividida.

Ventaja sobre pol.is: Mientras pol.is puede identificar polarización a través de agrupamiento, el análisis neutrosófico proporciona una medida más matizada de consenso que cuenta para la variación independiente de T, I y F. Esto permite identificación más precisa de dónde existe acuerdo público y dónde se necesita diálogo adicional.

Implicación Práctica: Las preguntas de alto consenso (por ejemplo, "Las acciones individuales importan para el clima") proporcionan terreno común para el discurso público. Las preguntas de bajo consenso (por ejemplo, "El crecimiento económico y el ambiente pueden coexistir") identifican áreas donde se necesita comunicación más dirigida y diálogo.

## Caracterización Más Rica de Grupos de Respondientes

Hallazgo: El análisis neutrosófico identificó dos grupos con perfiles distintos. El Grupo 0 se caracteriza por alto compromiso en todas las dimensiones, mientras que el Grupo 1 muestra dominancia de verdad con compromiso general más bajo.

Ventaja sobre pol.is: El agrupamiento binario o difuso probablemente produciría divisiones de grupo similares, pero el marco neutrosófico proporciona información más rica sobre la estructura interna de cada grupo. Por ejemplo, el balance casi perfecto del Grupo 0 en T, I y F es una característica distintiva que no sería tan aparente en marcos binarios.

Implicación Práctica: Estos perfiles distintos permiten estrategias de comunicación más dirigidas. El Grupo 0 podría responder bien a mensajería basada en evidencia y matizada que reconozca complejidad. El Grupo 1 podría responder mejor a mensajería clara y directa sobre la realidad e importancia de la acción climática.

5.5 Resumen de Ventajas Comparativas

**Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)**

**Tabla 3-** Ventajas Comparativas de Enfoque Neutrosófico vs. Tradicional.

| Aspecto | pol.is Tradicional | Enfoque Neutrosófico |
|---|---|---|
| Marco Lógico | Binario/Difuso | Tripartito (T-I-F) |
| Tratamiento de Incertidumbre | Residual/Secundario | Dimensión Primaria |
| Complejidad del Respondiente | Representación Limitada | Rica, Multifacética |
| Identificación de Grupos | Acuerdo/Desacuerdo | Patrones de Compromiso |
| Targeting de Comunicación | Segmentos Amplios | Perfiles Matizados |
| Detección de Ambigüedad | Implícita | Explícita |
| Dimensionalidad de Datos | Menor | Mayor (Más Rica) |
| Aplicabilidad | Opinión General | Temas Complejos e Inciertos |

La aplicación de lógica neutrosófica al análisis de opinión climática revela ventajas significativas sobre enfoques tradicionales binarios o difusos. Más notablemente, el descubrimiento del grupo "Altamente Comprometido pero Conflictivo" demuestra que el análisis neutrosófico puede descubrir complejidad en datos de opinión que sería invisible para métodos convencionales.

Este hallazgo tiene implicaciones importantes para comunicación climática y política. La narrativa convencional a menudo asume un espectro de "creyentes" a "escépticos." Sin embargo, nuestro análisis revela un paisaje más matizado donde una porción sustancial del público está profundamente comprometida con el tema pero sostiene puntos de vista complejos y multifacéticos. Estos individuos no son obstáculos para la acción climática; más bien, son socios potenciales en desarrollar enfoques más sofisticados y basados en evidencia para desafíos climáticos.

El tratamiento explícito de indeterminación también se alinea mejor con el estado actual de la ciencia climática. Mientras los hechos centrales del cambio climático están bien establecidos, incertidumbres significativas permanecen respecto a impactos regionales, puntos de inflexión y respuestas políticas óptimas (IPCC, 2021). Una estrategia de comunicación que reconozca estas incertidumbres genuinas mientras mantiene claridad sobre hechos resueltos puede ser más creíble y persuasiva que una que presente la ciencia climática como enteramente resuelta.

El análisis de consenso, informado por lógica neutrosófica, proporciona orientación accionable para formuladores de políticas. El alto consenso sobre la realidad del cambio climático y la importancia de la acción individual sugiere que estos pueden servir como terreno común para discurso público. En contraste, el consenso más bajo sobre compensaciones económico-ambientales e viabilidad de energía renovable indica áreas donde diálogo adicional y comunicación basada en evidencia son necesarios.

**Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)**

# Conclusiones

Este estudio demuestra que la lógica neutrosófica ofrece un marco poderoso para analizar opinión pública sobre cuestiones complejas y multifacéticas como el cambio climático. Al incorporar explícitamente la indeterminación como una dimensión independiente, el análisis neutrosófico revela patrones de compromiso y complejidad que los enfoques binarios o difusos tradicionales obscurecerían.

Nuestros hallazgos clave—particularmente la identificación de un grupo grande, profundamente comprometido pero internamente conflictivo—tienen implicaciones importantes para comunicación climática y política. En lugar de ver al público como dividido en "creyentes" y "escépticos," los formuladores de políticas y comunicadores deben reconocer un paisaje más matizado de patrones de compromiso y adaptar sus enfoques en consecuencia.

La investigación futura debe extender esta metodología a otras poblaciones y dominios, validando el marco neutrosófico en contextos diversos. La investigación cualitativa también podría enriquecer los perfiles de grupos identificados, explorando las razones subyacentes para sus patrones específicos de respuesta neutrosófica. En última instancia, al abrazar la complejidad inherente e indeterminación en sistemas de creencias humanos, el enfoque neutrosófico ofrece una comprensión más auténtica y accionable de la opinión pública.

# Referencias

Abdel-Basset, M., Mohamed, M., y Smarandache, F. (2018). An extension of neutrosophic AHP–SWOT analysis for strategic planning and decision-making. Symmetry, 10(4), 116.

Chyung, S. Y., Roberts, K., Swanson, I., & Hankinson, A. (2017). Evidence-based survey design: The use of a midpoint on the Likert scale. Performance improvement, 56(10), 15-23.

Cook, J., Oreskes, N., Doran, P. T., Anderegg, W. R., Verheggen, B., Maibach, E. W., ... y Nuccitelli, D. (2016). Consensus on consensus: a synthesis of consensus estimates on human-caused global warming. Environmental Research Letters, 11(4), 048002.

**Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)**

Corner, A., Whitmarsh, L., y Xenias, D. (2012). Uncertainty, scepticism and attitudes towards climate change: biased assimilation and attitude polarisation. Climatic Change, 114(3-4), 463-478.

Wardekker, J. A., van der Sluijs, J. P., Janssen, P. H., Kloprogge, P., & Petersen, A. C. (2008). Uncertainty communication in environmental assessments: Views from the Dutch science-policy interface. Environmental Science & Policy, 11(7), 627–641. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2008.05.005

Cornejo, G. A., Lamiño, P., & Trejos, B. (2024). Climate change: Relationship between knowledge and perception in students of an agricultural-based university in Ecuador. Sustainability, 16(13), 5548. https://doi.org/10.3390/su16135548

IPCC. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.

Smarandache, F., & Vázquez, M. L. (2018). Fundamentos de la lógica y los conjuntos neutrosóficos y su papel en la inteligencia artificial. Neutrosophic Computing and Machine Learning. ISSN 2574-1101, 1(1), 03-08.

Lorenzoni, I., y Pidgeon, N. F. (2006). Public views on climate change: European and USA perspectives. Climatic Change, 77(1-2), 73-95.

Pidgeon, N., & Fischhoff, B. (2013). The role of social and decision sciences in communicating uncertain climate risks. In Effective risk communication (pp. 319-342). Routledge.

Rousseeuw, P. J. (1987). Silhouettes: a graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. Journal of Computational and Applied Mathematics, 20, 53-65.

Ricardo, J. E., Fernández, A. J. R., Camargo Martínez, T. T., & Cacpata Calle, W. A. (2022). Analysis of Sustainable Development Indicators through Neutrosophic Correlation Coefficients. Neutrosophic Sets & Systems, 52.

Smarandache, F. (1998). Neutrosophy: Neutrosophic probability, set, and logic: Analytic synthesis & synthetic analysis. Rehoboth, NM: American Research Press.

**Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)**

Small, C., Bjorkegren, M., Erkkilä, T., Shaw, L., & Megill, C. (2021). Polis: Scaling deliberation by mapping high dimensional opinion spaces. Recerca: revista de pensament i anàlisi, 26(2).

Seyfi-Shishavan, S. A., Kutlu Gündoğdu, F., Donyatalab, Y., Farrokhizadeh, E., & Kahraman, C. (2021). A novel spherical fuzzy bi-objective linear assignment method and its application to insurance options selection. International Journal of Information Technology & Decision Making, 20(02), 521-551.

Clar, C., Prutsch, A., & Steurer, R. (2013, February). Barriers and guidelines for public policies on climate change adaptation: A missed opportunity of scientific knowledge-brokerage. In Natural Resources Forum (Vol. 37, No. 1, pp. 1-18).

van der Linden, S. L., Leiserowitz, A. A., Feinberg, G. D., y Maibach, E. W. (2015). The scientific consensus on climate change as a gateway belief: Experimental evidence. PLoS ONE, 10(2), e0118489.

Ye, J. (2014). A multicriteria decision-making method using aggregation operators for simplified neutrosophic sets. Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, 26(5), 2459-2466.

Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. Information and Control, 8(3), 338-353.

## Conflicto de interés

Los autores autorizan la distribución y uso de su artículo.

## Contribuciones de los autores

1. Conceptualización: Maikel Yelandi Leyva-Vázquez, Florentin Smarandache
2. Curación de datos: Maikel Yelandi Leyva-Vázquez, Florentin Smarandache
3. Análisis formal: Maikel Yelandi Leyva-Vázquez, Florentin Smarandache
4. Investigación: Florentin Smarandache
5. Metodología: Maikel Yelandi Leyva-Vázquez
6. Software: Florentin Smarandache
7. Validación: Maikel Yelandi Leyva-Vázquez
8. Visualización: Nombre y Apellidos del autor

**Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)**

9. Redacción – borrador original: Maikel Yelandi Leyva-Vázquez, Florentin Smarandache
10. Redacción – revisión y edición: Maikel Yelandi Leyva-Vázquez, Florentin Smarandache

## Financiación

La investigación no requirió fuente de financiamiento.

**Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)**